

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

②①

**N° 81 15477**

⑤④ Tôle d'acier laminé à chaud, à résistance élevée, ayant une excellente aptitude au soudage en bout par étincelage.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. 7). C 22 F 38/00; B 23 K 11/04 // B 21 D 53/26.

②② Date de dépôt ..... 10 août 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : Japon, 11 août 1980, n° 55-110.829, et 15 décembre 1980, n° 55-177.841 et 55-177.842.

④① Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 6 du 12-2-1982.

⑦① Déposant : KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO, résidant au Japon.

⑦② Invention de : Masatoshi Sudo, Shunichi Hashimoto et Shoji Kambe.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Harlé et Léchopiez,  
21, rue de La Rochefoucauld, 75009 Paris.

La présente invention concerne une tôle d'acier laminé à chaud de haute résistance possédant une excellente soudabilité en bout par étincelage, une bonne caractéristique de résistance à la fatigue et une bonne aptitude au formage, cette tôle pouvant être utilisée pour des pièces d'automobile, telles que des jantes de roues, des disques ou des pare-chocs. L'invention concerne aussi un procédé de fabrication d'un tel acier.

Pour réduire le poids des carrosseries d'automobiles en vue d'économiser les dépenses en carburant, on a essayé de modifier le matériau en utilisant une tôle d'acier de haute résistance et on a également tenté de réduire les dimensions des carrosseries d'automobiles. On considère comme très efficace pour réaliser des économies de carburant de réduire le poids des roues d'automobiles et des études poussées sont en train d'être faites en ce qui concerne l'utilisation d'une tôle d'acier laminé à chaud de haute résistance pour la fabrication des jantes de roues et des disques. Par exemple, aux Etats-Unis, une tôle d'acier laminé à chaud du type à structure composite, formée de ferrite et de martensite (c'est-à-dire une tôle d'acier à double phase) est considérée comme la mieux appropriée et elle a été soumise à des essais empiriques. Cependant, il se pose certains problèmes en ce qui concerne les caractéristiques du matériau et celui-ci n'a pas encore été utilisé en pratique.

Notamment la tôle en acier à double phase mentionnée ci-dessus présente des inconvénients du fait que, lorsqu'elle est utilisée pour la fabrication d'un disque de roue, il risque de se produire des cassures dans la partie expansée pour la formation du trou au moment de l'exécution de cette opération et elle ne possède pas une bonne aptitude au formage, notamment en ce qui concerne la formation de rebord par allongement. En outre sa résistance à la fatigue n'est pas suffisamment bonne. Dans son application à une jante de roue, il se pose un problème étant donné que la partie affectée par la chaleur de soudage pendant un soudage

en bout par étincelage a tendance à se ramollir et il risque de se produire une réduction de section ou une rupture pendant l'opération de formage suivante. Comme références intéressantes, on peut citer les brevets US 3.902.927 et 3.930.907.

L'invention a pour but de remédier aux inconvénients de l'acier à double phase mentionnés ci-dessus à l'aide d'une tôle d'acier laminé à chaud de haute résistance utilisée pour la fabrication de disques et jantes de roues et de pièces semblables et de fournir une tôle d'acier laminé à chaud de haute résistance, possédant une bonne soudabilité en bout par étincelage, une bonne résistance à la fatigue et une bonne aptitude au formage, notamment une bonne propriété de formation de rebord par allongement, ainsi qu'un procédé de fabrication de ladite tôle.

En conséquence, la présente invention concerne une tôle d'acier laminé à chaud de haute résistance, possédant d'excellentes propriétés de soudabilité en bout par étincelage, de résistance à la fatigue et d'aptitude au formage et qui est caractérisée par une structure composite se composant de ferrite polygonale et de bainite et contenant de 0,01 à 0,15 % en poids de C, de 0,01 à 1,5 % en poids de Si et de 0,3 à 2,0 % en poids de Mn, le pourcentage de surface de la phase bainite, lorsqu'on observe l'acier au microscope étant de 3 à 60 %.

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'une tôle d'acier telle que définie ci-dessus, procédé qui consiste à laminier à chaud un acier ayant la structure mentionnée ci-dessus, à effectuer, après achèvement du laminage à chaud, un refroidissement de la tôle d'acier laminé à chaud pendant 3 à 20 secondes à une vitesse de refroidissement de 4 à 10°C/seconde, puis à la refroidir à une vitesse de refroidissement de 50 à 100°C/seconde et à l'enrouler à une température de 350 à 575°C. Selon une variante de mise en oeuvre du procédé, la tôle d'acier laminé à chaud est refroidie pendant 1 à 10 secondes à une vitesse de refroidissement de 20 à 50°C/seconde avant le

refroidissement pendant 3 à 20 secondes à une vitesse de refroidissement de 4 à 10°C/seconde.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

Fig. 1 est un graphique donnant la relation entre le pourcentage de surface des seconde et première phases des aciers et l'équilibre résistance-allongement. Sur cette figure on a porté en abscisses le pourcentage de surface de la seconde phase d'aciers et en ordonnées la balance résistance-allongement (TS x EL).

Fig. 2 est un graphique donnant la relation entre la résistance à la traction des aciers et la limite d'expansion de trou. Sur cette figure on a indiqué en abscisses la résistance à la traction des aciers en  $\text{kg/mm}^2$  et en ordonnées la limite d'expansion de trou en %.

Fig. 3 est un graphique donnant la répartition de dureté dans une zone d'acier soudé en bout par étincelage. Sur cette figure, on a indiqué en abscisses la distance d'éloignement du joint soudé en mm et en ordonnées la dureté.

Fig. 4 est un graphique donnant les résultats obtenus en soumettant des aciers à des essais à la fatigue dits de "Schenck".

Sur cette figure on a indiqué en abscisses le nombre de cycles Nf et en ordonnées la contrainte en  $\text{kg/mm}^2$ ; le graphique a) est relatif à la tôle principale; le graphique b) à la même tôle principale après avoir été soumise à une déformation de 9% par traction et après formation d'un trou de diamètre de 5 mm par poinçonnage.

La tôle d'acier de haute résistance selon l'invention est caractérisée par une structure composite formée de ferrite polygonale et de bainite et contenant de 0,01 à 0,15% en poids de C, de 0,01 à 1,5% en poids de Si et de 0,3 à 2,0% en poids de Mn, le pourcentage de surface de la bainite étant de 34 à 60%, et elle possède une excellente soudabilité en bout par étincelage, une bonne résistance à la fatigue et une bonne aptitude de formage, qui sont nécessaires pour son application à la fabrication de disques ou jantes de roues. La tôle d'acier selon l'invention peut éventuellement contenir en outre de 0,01 à 1,5% en poids de Cr, de 0,01 à 0,08% en poids de Nb,

de 0,02 à 0,6 % en poids de V, de 0,01 à 0,08 % en poids de Ti, de 0,02 à 0,18 % en poids de Zr, de 0,05 à 0,2 % en poids de Mo, de 0,0005 à 0,005 % en poids de B, de 0,1 à 0,5 % en poids de Ni, de 0,1 à 0,5 % en poids de Cu, de 0,02 à 0,15 % en poids de P, de 0,0005 à 0,01 % en poids de Ca, de 0,0005 à 0,01 % en poids de Mg ou de 0,005 à 0,1 % en poids d'une terre rare, suivant les exigences.

On peut utiliser un procédé quelconque pour la production, à condition qu'il permette de fabriquer une structure d'acier conforme à la présente invention, c'est-à-dire une structure composée d'une phase de ferrite polygonale et d'une phase de bainite, ayant un pourcentage de surface compris entre 3 et 60 %. On peut utiliser un procédé de traitement thermique ou un procédé de laminage à chaud.

Lorsque la fabrication est effectuée par un procédé de laminage à chaud, les conditions de laminage à chaud sont déterminées en fonction de la composition chimique de l'acier à traiter et il faut que deux conditions soient remplies, à savoir qu'il existe une proportion donnée de ferrite et que la seconde phase soit de la bainite.

Dans le cas d'une composition où les teneurs en Mn et Cr sont faibles et lorsque la formation de ferrite est rapide, on peut obtenir la proportion désirée de ferrite par un processus de refroidissement faisant intervenir un refroidissement graduel, suivi par un refroidissement rapide de manière que, à la fin du laminage à chaud, la tôle d'acier laminé soit refroidie à une vitesse de 4 à 10°C/seconde pendant une période de 3 à 20 secondes puis à une vitesse de 50 à 100°C/seconde. Cependant, dans le cas d'un acier ayant de fortes teneurs en C, Mn et Cr, on ne peut pas obtenir de proportion appropriée de ferrite par le processus de refroidissement défini ci-dessus.

En conséquence, dans un tel cas, il est souhaitable d'adopter un processus de refroidissement dans lequel le refroidissement graduel est effectué dans une gamme de températures où la formation de ferrite est la plus rapide, de manière que, après achèvement du laminage à chaud, la tôle soit refroidie

à une vitesse de 20 à 50°C/seconde pendant 1 à 10 secondes, puis graduellement refroidie à une vitesse de 4 à 10°C/seconde, et ensuite rapidement refroidie à une vitesse de 50 à 100°C/seconde.

5 Dans les deux cas, la tôle laminée à chaud est rapidement refroidie à partir de la zone de refroidissement graduel et elle est enroulée à une température de 350 à 575°C, ce qui est un processus nécessaire pour transformer en bainite l'austénite non transformée. Si la température  
10 d'enroulement dépasse 575°C, il risque de se former de la perlite et de la cémentite alors que, si la température est inférieure à 350°C, on risque une incorporation de martensite. Ces structures ont tendance à réduire l'excellente soudabilité en bout par étincelage, la bonne résistance  
15 à la fatigue et la bonne aptitude au formage et par conséquent on doit éviter de telles conditions.

En ce qui concerne la composition chimique, la teneur en C est d'au moins 0,01 % en poids en vue de conférer à l'acier la résistance et la dureté appropriées.  
20 Cependant, si la teneur en C est trop faible, la dureté est réduite par la décarburation sur les surfaces de soudage au moment de l'étincelage en bout, ce qui crée un déséquilibre de dureté entre le joint soudé et la zone avoisinante. En conséquence, la limite supérieure de la teneur en  
25 carbone est de 0,15 % en poids, de préférence 0,12 % en poids et plus avantageusement d'environ 0,09 % en poids. Cependant, dans un cas où l'acier est utilisé pour des disques de roues ne nécessitant pas une telle caractéristique, la limite supérieure peut être de 0,15 % en poids.

30 Le manganèse est un élément essentiel pour compenser la réduction de résistance imputable à une réduction de la teneur en carbone et pour la formation d'une structure de bainite. Si la teneur en Mn est inférieure à 0,3 % en poids, on ne peut pas obtenir une résistance et une  
35 structure adéquates et d'autre part, si la teneur en Mn dépasse 2,0 % en poids, on rencontre des difficultés lors de la fusion et la ductilité est dégradée. En conséquence,

la teneur en Mn doit être comprise entre 0,3 et 2,0 % en poids. Dans un cas où la tôle d'acier est produite par laminage à chaud, il est préférable de limiter la teneur en Mn dans la gamme comprise entre 0,5 et 1,5 % en poids pour  
5 obtenir la structure désirée.

Le silicium est un élément utile pour faciliter la formation de la ferrite polygonale et pour obtenir une structure correcte. En outre, c'est un élément approprié pour conférer à l'acier une grande résistance et une haute  
10 ductilité. Dans ce but, il est nécessaire d'ajouter Si en quantité au moins égale à 0,01 % en poids.

Le chrome sert à améliorer la capacité de durcissement et à faciliter la formation de la structure bainitique. Pour obtenir une telle efficacité, il est nécessaire d'ajouter  
15 Cr en quantité d'au moins 0,01 % en poids. Cependant, si la teneur en Cr dépasse environ 1,5 % en poids, il y a un effet de saturation de l'efficacité. Si cette teneur est dépassée, on ne peut obtenir la proportion de ferrite désirée quand l'acier selon l'invention est produit par laminage à  
20 chaud. En conséquence, la limite supérieure de Cr est de 1,5 % en poids. Nb, V, Ti et Zr sont des éléments agissant de façon à empêcher la décomposition de la structure bainitique dans la partie thermiquement affectée par le soudage en bout par étincelage et à éviter une réduction de dureté  
25 et ils constituent des éléments essentiels pour un acier de fabrication de jantes de roues. En outre, ces éléments ont une propriété d'amélioration de précipitation et en conséquence, ils servent d'éléments complémentaires pour améliorer la résistance. Cependant, s'ils sont ajoutés en excès et si  
30 le degré d'amélioration de précipitation est trop fortement augmenté, la ductilité est dégradée et la substance précipitée risque d'être redissoute dans la zone thermiquement affectée en provoquant un ramollissement. En conséquence, il est judicieux d'incorporer au moins un desdits éléments en  
35 restant dans les gammes précitées : de 0,01 à 0,08 % en poids de Nb, de 0,02 à 1,5 % en poids de V, de 0,01 à 0,08 % en poids de Ti et de 0,02 à 0,18 % en poids de Zr. En plus

de leur efficacité commune, Nb a une certaine influence sur le comportement de transformation de la structure après le laminage à chaud et il constitue l'élément le plus utile pour la formation de la structure bainitique. Ti et Zr sont  
5 efficaces pour empêcher la formation d'un sulfure perturbateur pour la ductilité. V est un élément efficace pour durcir correctement la partie centrale du joint soudé ( $H_v \approx 25$ ) par rapport à la dureté de la matière environnante.

Conformément à la présente invention, on peut  
10 ajouter, comme autres éléments que ceux mentionnés ci-dessus, les éléments suivants si les conditions l'exigent.

Mo est un élément servant à améliorer la capacité de durcissement et à établir la structure désirée. Dans ce but, Mo est ajouté en quantité au moins d'environ 0,05 % en  
15 poids. Cependant, si la teneur en Mo dépasse 0,2 % en poids, l'efficacité de l'élément atteint sa saturation. En conséquence, la limite supérieure est d'environ 0,2 % en poids.

De même B est un élément efficace pour améliorer la capacité de durcissement et établir la structure désirée  
20 et en conséquence il est ajouté en quantité comprise entre 0,0005 et 0,005 % en poids. Pour exploiter l'efficacité de B, il est préférable de l'utiliser en combinaison avec Ti et Zr.

Ni, Cu et P sont des éléments servant à améliorer  
25 la résistance à la corrosion. Ni et Cu sont ajoutés dans les quantités respectives de 0,1 à 0,5 % en poids pour le nickel et de 0,1 à 0,5 % en poids pour le cuivre. P sert à améliorer la résistance à la corrosion, notamment quand il est utilisé en combinaison avec Ni et Cu et il est ajouté en quantité  
30 comprise entre 0,002 et 0,15 % en poids.

Un élément faisant partie des terres rares (REM), Ca ou Mg, sont efficaces pour rendre sans effet une inclusion de sulfures car ils contrôlent la formation de ces sulfures, et en outre ils améliorent l'aptitude au formage. Pour obtenir  
35 cet effet, ces éléments sont ajoutés dans les quantités respectives suivantes : de 0,005 à 0,1 % en poids de REM, de 0,0005 à 0,01 % en poids de Ca et de 0,0005 à 0,01 % en



poids de Mg. Ils peuvent être ajoutés seuls ou en combinaison de deux ou plus. Cependant, si les quantités sont excessives, ils ont tendance à affecter la pureté et la ductilité. En conséquence la limite supérieure du total des quantités est de préférence d'environ 0,1 % en poids.

En outre, Al est ajouté en quantité d'au moins 0,06 % en poids comme un désoxydant au moment de la fusion. S doit de préférence être limité à moins de 0,02 % en poids.

On va maintenant décrire la structure de l'acier conforme à l'invention. Comme le montrent les fig. 3 et 4 et les exemples donnés dans la suite, l'acier ayant une structure formée de ferrite et de bainite présente une meilleure aptitude au soudage avec résistance (notamment sans ramollissement de la zone affectée thermiquement) et une meilleure résistance à la fatigue que l'acier classique à ferrite plus martensite (acier à double phase). En ce qui concerne l'aptitude au formage, la propriété de formation de rebord par allongement de l'acier à ferrite plus bainite est bien supérieure à celle d'un acier à ferrite-martensite ou d'un acier à ferrite-perlite comme indiqué sur la fig. 2, L'équilibre résistance-allongement est en relation étroite avec le pourcentage de surface de la bainite comme indiqué sur la fig. 1 et on peut obtenir la meilleure caractéristique pour un pourcentage de surface compris entre 10 et 20 %.

Si le pourcentage de surface de la bainite est compris entre 5 et 30 %, la valeur de l'équilibre résistance-allongement est d'au moins 1750 et cela signifie que l'acier peut être utilisé pour le formage de pratiquement tous types de pièces profilées. En outre, si le pourcentage de surface de bainite est compris dans la gamme conforme à l'invention, c'est-à-dire entre 3 et 60 %, on peut obtenir un acier ayant des caractéristiques supérieures à celles des aciers faiblement alliés classiques de haute résistance.

Dans la structure conforme à l'invention, la bainite se compose d'une bainite inférieure et d'une bainite supérieure (B II, BIII) qui sont accompagnées par des carbures formés dans une réaction de précipitation mais elle

peut aussi se présenter sous la forme d'une structure dite BI, de Widmanstätten ou "ferrite aciculaire" et qui n'est pas accompagnée par une réaction de formation de carbures. Cependant, tout au moins pour la propriété de formation de rebord par allongement, la bainite supérieure présente de meilleures caractéristiques que les autres structures bainitiques.

On va maintenant décrire le procédé de fabrication de la tôle d'acier par laminage à chaud selon l'invention.

10 Une brame d'acier de composition prédéterminée est laminée à chaud par un procédé classique. Après le laminage à chaud, la tôle laminée est d'abord refroidie à une vitesse de 4 à 10°C/seconde pendant 3 à 20 secondes pour former de la ferrite ayant le pourcentage de surface désiré. 15 Cette vitesse de refroidissement correspond à une vitesse en l'absence de fourniture d'eau et elle est réglée de manière à rentrer dans la plage comprise entre 4 et 10°C/seconde en sélectionnant l'épaisseur de la tôle et la température ambiante. Le temps de refroidissement est le temps 20 nécessaire pour obtenir la proportion désirée de ferrite. S'il est inférieur à 3 secondes, la formation de ferrite n'est pas correcte et un temps de refroidissement supérieur à 20 secondes n'est pas avantageux du point de vue pratique.

Cette première phase de refroidissement est suivie 25 par une seconde phase de refroidissement jusqu'à 350 à 575°C à une vitesse moyenne de 50 à 100°C/seconde afin de transformer l'austénite non convertie en bainite. Ensuite la tôle d'acier est enroulée à la même température. Si cette vitesse de refroidissement est inférieure à 50°C/seconde, il est 30 possible qu'il se forme de façon indésirable de la perlite. D'autre part, il est difficile en pratique de porter la vitesse de refroidissement à une valeur supérieure à 100°C/seconde.

Dans le cas d'un acier ayant une composition 35 correspondant à une forte teneur en C, Mn et/ou Cr, le cycle de refroidissement mentionné ci-dessus peut ne pas donner une proportion donnée de ferrite. Dans ce cas, on

utilise un procédé où un refroidissement graduel ou lent est effectué dans une gamme de températures où la formation de ferrite est la plus rapide.

Ainsi, à la fin du laminage à chaud, la tôle laminée est rapidement refroidie dans cette gamme de températures à une vitesse de 20 à 50°C/seconde pendant 1 à 10 secondes puis graduellement refroidie à une vitesse de 4 à 10°C/seconde pendant 3 à 20 secondes. La gamme des températures de refroidissement graduel varie en fonction de la composition chimique de l'acier et, dans la plupart des cas, elle est d'environ 650 à 700°C. Ensuite, l'acier est refroidi à une vitesse de 50 à 100°C jusqu'à 575 à 350°C et il est alors enroulé à la même température.

On va maintenant donner des exemples de l'invention en même temps que des exemples comparatifs.

On a fondu des aciers ayant les compositions chimiques indiquées dans le Tableau 1 puis on les a transformés en une tôle d'une épaisseur de 3,2 mm par laminage à chaud (température de finissage : de 800 à 855°C), et

(1) on a refroidi la tôle à une vitesse de 4 à 10°C/seconde pendant 3 à 20 secondes, puis à une vitesse de 50 à 100°C/seconde et on l'a enroulée à une température de 350 à 575°C, ou  
(2) on a refroidi la tôle à une vitesse de 20 à 50°C/seconde pendant 1 à 10 secondes, puis on l'a refroidie graduellement à une vitesse de 4 à 10°C/seconde pendant 3 à 20 secondes, puis on l'a refroidie rapidement à une vitesse de 50 à 100°C/seconde et on l'a enroulée à une température comprise entre 350 et 575°C, en fait à une température d'environ 450°C.

Les conditions réelles de refroidissement et d'enroulement sont conformes à ce qui est indiqué dans le Tableau 2. Ce tableau donne également les résultats obtenus par la détermination microscopique des structures des aciers laminés à chaud ainsi fabriqués, ainsi que les résultats obtenus par la mesure de leurs propriétés mécaniques.

La figure 1 représente l'équilibre résistance-allongement, la figure 2 représente la propriété de formation

de rebprd par allongement, la figure 3 représente la distribution de dureté dans la zone de soudage en bout par étincelage tandis que la figure 4 donne les résultats obtenus dans des essais de fatigue de Schenck. En ce qui concerne la figure 3, les conditions de soudage en bout par étincelage ont été les suivantes :

Distance de l'arc : 3 mm

Période d'étincelage : 3 secondes

Distance de refoulement : 3 mm

Période de refoulement : 2/60 seconde

Vitesse de refoulement : 150 mm/seconde

Dimensions tôle d'acier : 30 mm (largeur) x 75 mm (longueur) x 3,2 mm (épaisseur)

TABLEAU 1 : Compositions chimiques (% en poids)

|                          | Aciers | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Al   | Nb    | complément Fe |        |
|--------------------------|--------|------|------|------|-------|-------|------|-------|---------------|--------|
|                          |        |      |      |      |       |       |      |       | et            |        |
| Aciers selon l'invention | A      | 0,05 | 0,55 | 1,45 | 0,010 | 0,007 | 0,03 | -     |               |        |
|                          | B      | 0,05 | 0,60 | 1,07 | 0,007 | 0,007 | 0,02 | -     |               |        |
|                          | C      | 0,05 | 0,74 | 1,33 | 0,009 | 0,007 | 0,03 | 0,021 |               |        |
|                          | D      | 0,07 | 0,95 | 1,48 | 0,006 | 0,006 | 0,02 | 0,025 |               |        |
|                          | E      | 0,09 | 0,50 | 0,53 | 0,008 | 0,005 | 0,03 | 0,020 |               |        |
|                          | F      | 0,12 | 0,35 | 0,68 | 0,009 | 0,006 | 0,03 | 0,025 |               |        |
|                          | G      | 0,06 | 0,75 | 1,65 | 0,012 | 0,006 | 0,03 | 0,021 |               |        |
|                          | H      | 0,06 | 0,50 | 0,85 | 0,010 | 0,005 | 0,03 | 0,018 | Cr            | 0,20   |
|                          | I      | 0,05 | 0,71 | 1,15 | 0,012 | 0,007 | 0,03 | 0,010 | V             | 0,06   |
|                          | J      | 0,10 | 0,48 | 0,65 | 0,008 | 0,006 | 0,03 | 0,010 | Ti            | 0,05   |
|                          | K      | 0,05 | 0,05 | 1,48 | 0,011 | 0,005 | 0,02 | 0,015 | Cr            | 0,10   |
|                          |        |      |      |      |       |       |      |       | Mo            | 0,21   |
|                          | L      | 0,05 | 0,35 | 1,50 | 0,015 | 0,005 | 0,02 | 0,025 | Cr            | 0,38   |
| Aciers comparatifs       |        |      |      |      |       |       |      |       | B             | 0,0008 |
|                          |        |      |      |      |       |       |      |       | Ti            | 0,022  |
|                          | M      | 0,10 | 0,50 | 0,65 | 0,010 | 0,007 | 0,03 | 0,020 | Cu            | 0,25   |
|                          |        |      |      |      |       |       |      |       | P             | 0,05   |
|                          | N      | 0,20 | 0,50 | 0,55 | 0,010 | 0,004 | 0,04 | 0,021 |               |        |
|                          | O      | 0,04 | 2,00 | 0,95 | 0,009 | 0,007 | 0,03 | 0,018 |               |        |
|                          | P      | 0,07 | 0,55 | 2,35 | 0,012 | 0,007 | 0,03 | 0,024 |               |        |
|                          | Q      | 0,05 | 0,50 | 1,20 | 0,006 | 0,008 | 0,03 | 0,020 | Cr            | 1,75   |

TABLEAU 2 : Conditions de laminage à chaud et propriétés mécaniques des tôles d'acier obtenues

| Aciers | Programmes de refroidissement<br>1) | Températures d'enroulement<br>°C | Structures | Limite élastique<br>Y <sub>P</sub> (kg/mm <sup>2</sup> )<br>3) | Charge de rupture<br>TS (kg/mm <sup>2</sup> )<br>3) | Allongement<br>El (%)<br>3) | TS x El | Rapport d'expansion de trous<br>4) | VTrS (°C)<br>5) | VES (kg-m)<br>5) | Situation des fractures<br>6) | Résultats<br>7) |
|--------|-------------------------------------|----------------------------------|------------|--|---|-----------------------------|---------|------------------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------|-----------------|
| A      | 2                                   | 450                              | 85% F+B    | 33,4   | 52,1  | 34,4                        | 1793    | 100                                | -160            | 1,85             | zone thermiquement affectée   | o               |
| B      | 1                                   | 450                              | 90% F+B    | 31,4   | 50,8  | 35,2                        | 1788    | 105                                | -165            | 1,88             | zone thermiquement affectée   | o               |
| C      | 2                                   | 450                              | 80% F+B    | 46,7   | 59,1  | 30,0                        | 1775    | 100                                | -150            | 2,05             | Tôle principale               | o               |
|        | 1                                   | 450                              | 75% F+B    | 46,9   | 60,0  | 29,3                        | 1760    | 100                                | -145            | 2,00             | "                             | o               |
| C'     | *                                   | 650                              | 95% F+P    | 48,2   | 55,2  | 28,7                        | 1585    | 65                                 | -120            | 1,30             | "                             | x               |
| C''    | *                                   | 450                              | 30% F+B    | 45,3   | 59,6  | 25,5                        | 1520    | 89                                 | -155            | 1,90             | "                             | x               |
| C'''   | *                                   | 60                               | 80% F+M    | 37,7   | 65,0  | 28,0                        | 1823    | 50                                 | -100            | 1,25             | zone thermiquement affectée   | x               |
| D      | 2                                   | 450                              | 90% F+B    | 44,3   | 57,5  | 31,8                        | 1829    | 95                                 | -150            | 1,88             | tôle principale               | o               |
| D'     | *                                   | 450                              | 25% F+B    | 49,3   | 62,4  | 24,1                        | 1505    | 80                                 | -150            | 1,75             | "                             | x               |
| E      | 1                                   | 400                              | 85% F+B    | 47,6   | 59,5  | 30,4                        | 1810    | 88                                 | -175            | 2,20             | "                             | o               |
| F      | 1                                   | 450                              | 80% F+B    | 51,5   | 66,0  | 27,2                        | 1795    | 74                                 | -145            | 1,85             | "                             | o               |
| F'     | *                                   | 650                              | 90% F+P    | 46,5   | 54,8  | 27,7                        | 1520    | 63                                 | -110            | 1,33             | "                             | x               |
| F''    | *                                   | 100                              | 80% F+M    | 49,4   | 68,6  | 26,4                        | 1814    | 47                                 | -110            | 1,21             | zone thermiquement affectée   | x               |
| G      | 2                                   | 475                              | 75% F+B    | 45,9   | 64,5  | 28,3                        | 1825    | 73                                 | -145            | 1,88             | tôle principale               | o               |
| G'     | *                                   | 450                              | 45% F+B    | 47,2   | 68,3  | 24,2                        | 1650    | 80                                 | -150            | 1,90             | "                             | x               |

TABLEAU 2 : ( suite )

| Aders Programmes<br>de refroidissement<br>1) | Tempé-<br>ratures<br>d'enrou-<br>lement<br>°C | Structures<br>2) | Limite<br>élas-<br>tique $\sigma_p$<br>(kg/mm <sup>2</sup> )<br>3) | Charge de<br>rupture<br>TS (kg/mm <sup>2</sup> )<br>3) | Allonge-<br>ment EL<br>(%)<br>3) | TS x EL | Rapport<br>d'expansion de<br>trous<br>4) | VIR-S<br>(°C)<br>5) | VES<br>(kg-m)<br>5) | Situation des<br>fractures<br>6) | Résultats<br>7) |
|--|---|------------------|--|--|----------------------------------|---------|--|---------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------|
| H  | 1   | 450              | 75% F+B  | 49,8   | 65,4                             | 27,4    | 1790                                     | 85                  | -160 1,95           | tôle principale                  | 0               |
|  | 2   | 450              | 85% F+B  | 48,5   | 63,2                             | 28,8    | 1820                                     | 87                  | -160 1,95           | "                                | 0               |
| I  | 1   | 450              | 80% F+B  | 49,4   | 61,2                             | 29,4    | 1800                                     | 92                  | -150 2,12           | "                                | 0               |
| J  | 1   | 500              | 80% F+B  | 46,2   | 61,6                             | 29,1    | 1790                                     | 97                  | -155 2,00           | "                                | 0               |
| J'   | *   | 60               | 80% F+M  | 40,5   | 66,3                             | 28,0    | 1856                                     | 52                  | -125 1,25           | zone thermique affectée          | x               |
| K  | 2   | 400              | 70% F+B  | 48,7   | 62,5                             | 27,8    | 1740                                     | 80                  | -160 1,85           | tôle principale                  | 0               |
| K'   | *   | 400              | 40% F+B  | 52,3   | 66,2                             | 24,0    | 1590                                     | 75                  | -155 1,80           | "                                | x               |
| L  | 2   | 450              | 65% F+B  | 51,0   | 66,5                             | 25,7    | 1710                                     | 65                  | -140 1,75           | "                                | 0               |
| L'   | *   | 450              | 5% F+B   | 56,2   | 69,4                             | 20,5    | 1420                                     | 65                  | -145 1,85           | "                                | x               |
| M  | 1   | 500              | 85% F+B  | 49,0   | 62,5                             | 29,1    | 1820                                     | 105                 | -160 1,75           | "                                | 0               |
|  | 2   | 550              | 95% F+B  | 48,1   | 60,4                             | 29,0    | 1750                                     | 100                 | -165 1,70           | "                                | 0               |
| N  | 1   | 450              | 50% F+B  | 57,1   | 71,4                             | 21,2    | 1516                                     | 85                  | -120 1,58           | tôle principale                  | x               |
| O  | 1   | 450              | 80% F+B  | 48,9   | 63,5                             | 31,3    | 1990                                     | 97                  | -115 1,49           | "                                | x               |
| P  | 1   | 450              | 25% F+B  | 55,8   | 68,5                             | 19,1    | 1311                                     | 88                  | -130 1,68           | "                                | x               |
| Q  | 1   | 450              | 30% F+B  | 54,4   | 66,4                             | 20,0    | 1325                                     | 91                  | -140 1,80           | "                                | x               |

Tableau 2 (suite)

\*1) 1: programme de refroidissement de revendication 11  
2: programme de refroidissement de revendication 12  
et 3: autres programmes de refroidissement

5 \*2) F : ferrite, B : bainite, M : martensite, et  
P : perlite plus cémentite

\*3) Modèle standard E8 ASTM,

\*4) Trou initial : trou poinçonné Ø 30 mm  
Poinçon : poignon conique de Ø 90 et 30°

10 \*5) Norme JIS n° 4, modèle 1/4, Direction C

\*6) Position des fractures quand les zones de soudage en  
bout par étincelage ont été soumises à un essai de  
traction après enlèvement des bavures et meulage.

\*7) o : bon, x : mauvais

15 En outre, on a fondu des aciers ayant une composition  
correspondant à l'acier C et des tôles d'acier laminé à  
chaud d'une épaisseur de 3,0 mm ont été produites et  
transformées en jantes et disques de roues. L'acier selon  
l'invention a été fabriqué conformément à la condition  
20 de laminage à chaud (1). L'acier à ferrite-perlite de compa-  
raison a été produit par un procédé classique de laminage  
à chaud et il a été enroulé à une température de 650°C.  
L'acier à double phase a été produit par un traitement  
thermique.

25 Les propriétés de ces aciers et les taux de rupture  
lors de leur application à des jantes et disques de roues  
sont indiqués dans le tableau 3.

Tableau 3 :  
Résultats de la formation dans les jantes et les disques

| Structures | limite<br>élastique<br>(kg/mm <sup>2</sup> )* | Charge de<br>rupture<br>(kg/mm <sup>2</sup> )* | Allonge-<br>ment<br>(%)* | Taux de<br>ruptures<br>de jantes | Taux de<br>ruptures<br>de disques | Notes                       |
|------------|---|--|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 80% F-B    | 47,3  | 61,2   | 30,5                     | 1,0                              | 0,5                               | Aciers selon<br>l'invention |
| 80% F-M    | 38,0  | 65,2   | 29,4                     | 30,0                             | 1,5                               | Acier<br>comparatif         |
| 95% F-P    | 49,9  | 58,8   | 27,4                     | 10,0                             | 5,0                               | "                           |

\* Modèle standard E8 ASTM



REVENDECATIONS

1. Tôle d'acier laminé à chaud de haute résistance, possédant d'excellentes propriétés de soudabilité en bout par étincelage, de résistance à la fatigue et d'aptitude au formage, caractérisée en ce qu'elle possède une structure composite formée de ferrite polygonale et de bainite et qu'elle contient de 0,01 à 0,15 % en poids de C, de 0,01 à 1,5 % en poids de Si et de 0,3 à 2,0 % en poids de Mn, le pourcentage de surface de la bainite étant compris entre 3 et 60 %.
2. Tôle d'acier selon la revendication 1, caractérisée en ce que le pourcentage de surface de la bainite est compris entre 5 et 30 %.
3. Tôle d'acier selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la bainite est de la bainite supérieure.
4. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle contient en outre de 0,01 à 1,5 % en poids de Cr.
5. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle contient au moins un des éléments choisis dans le groupe suivant : de 0,01 à 0,08 % en poids de Nb, de 0,02 à 0,6 % en poids de V, de 0,01 à 0,08 % en poids de Ti et de 0,02 à 0,18 % en poids de Zr.
6. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle contient en outre au moins un des éléments choisis dans le groupe suivant : de 0,05 à 0,2 % en poids de Mo et de 0,0005 à 0,005 % en poids de B.
7. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce qu'elle contient en outre au moins un des éléments choisis dans le groupe suivant : de 0,1 à 0,5 % en poids de Ni, de 0,1 à 0,5 % en poids de Ca et de 0,02 à 0,15 % en poids de P.
8. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle contient au moins un des éléments choisis dans le groupe suivant : de 0,0005 à

0,01 % en poids de Ca, de 0,0005 à 0,01 % en poids de Mg et de 0,005 à 0,1 % en poids d'une terre rare.

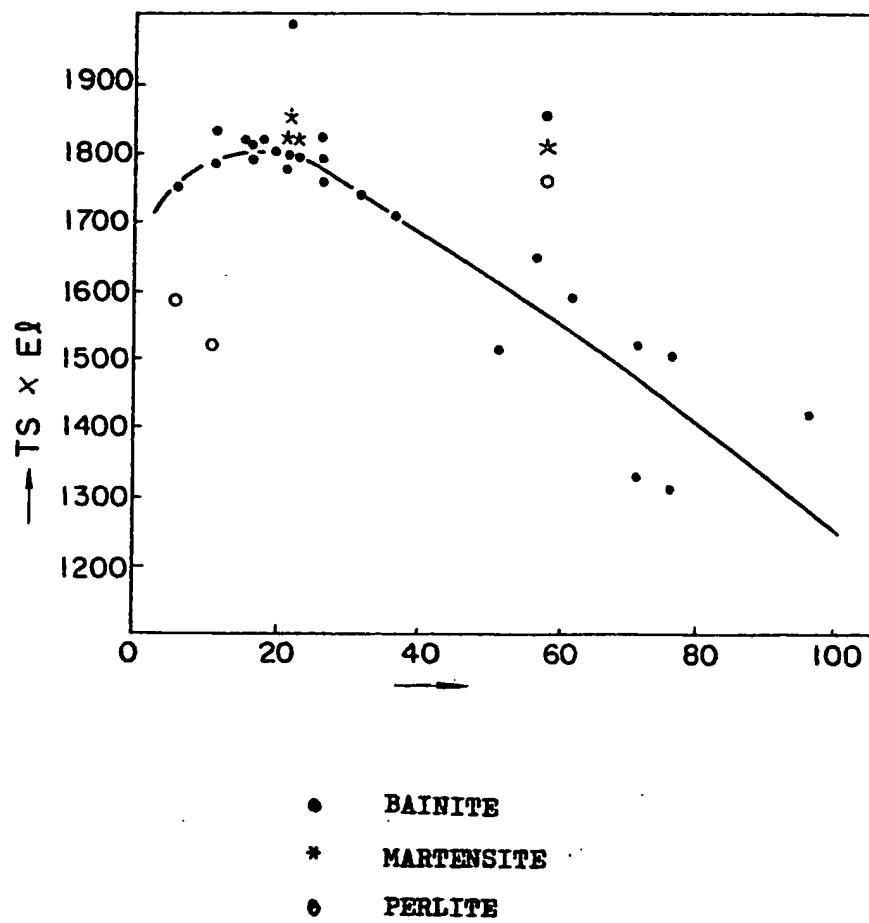
9. Application de la tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 à la fabrication de jantes de roues.

5 10. Application <sup>de la tôle</sup> d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 à la fabrication de disques de roues.

11. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que, à la fin du laminage à chaud, la tôle est refroidie pendant 3 à 20 secondes à une  
10 vitesse de 4 à 10°C/seconde, puis elle est refroidie à une vitesse de 50 à 100°C/seconde, puis elle est enroulée à une température comprise entre 350 et 575°C.

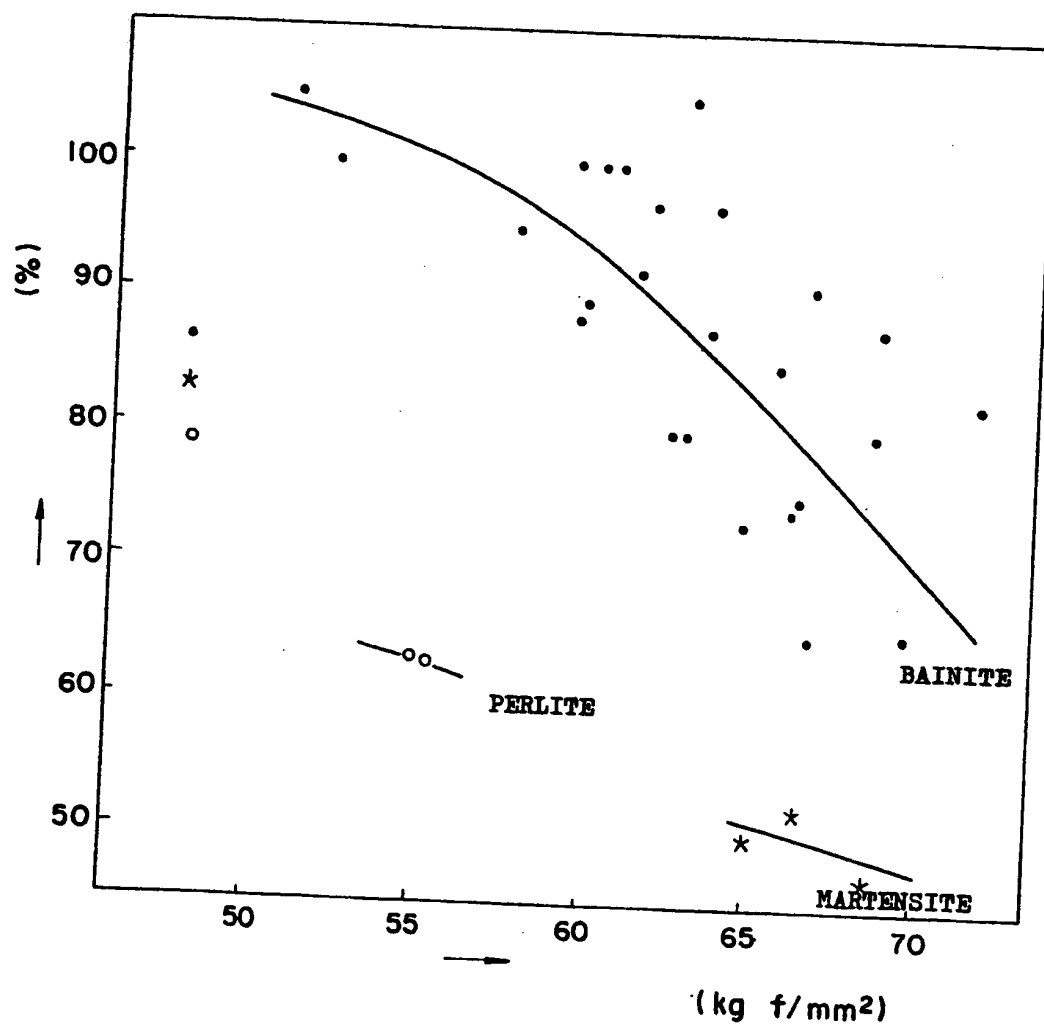
12. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que, à la fin du laminage à  
15 chaud, la tôle laminée est d'abord refroidie pendant 1 à 10 secondes à une vitesse de 20 à 50°C/seconde, puis elle est refroidie graduellement pendant 3 à 20 secondes à une vitesse de 4 à 10°C/seconde, puis elle est finalement  
20 la tôle ainsi refroidie est enroulée à une température comprise entre 350 et 575°C.

FIGURE 1



2488285

FIGURE 2



- BAINITE
- \* MARTENSITE
- PERLITE

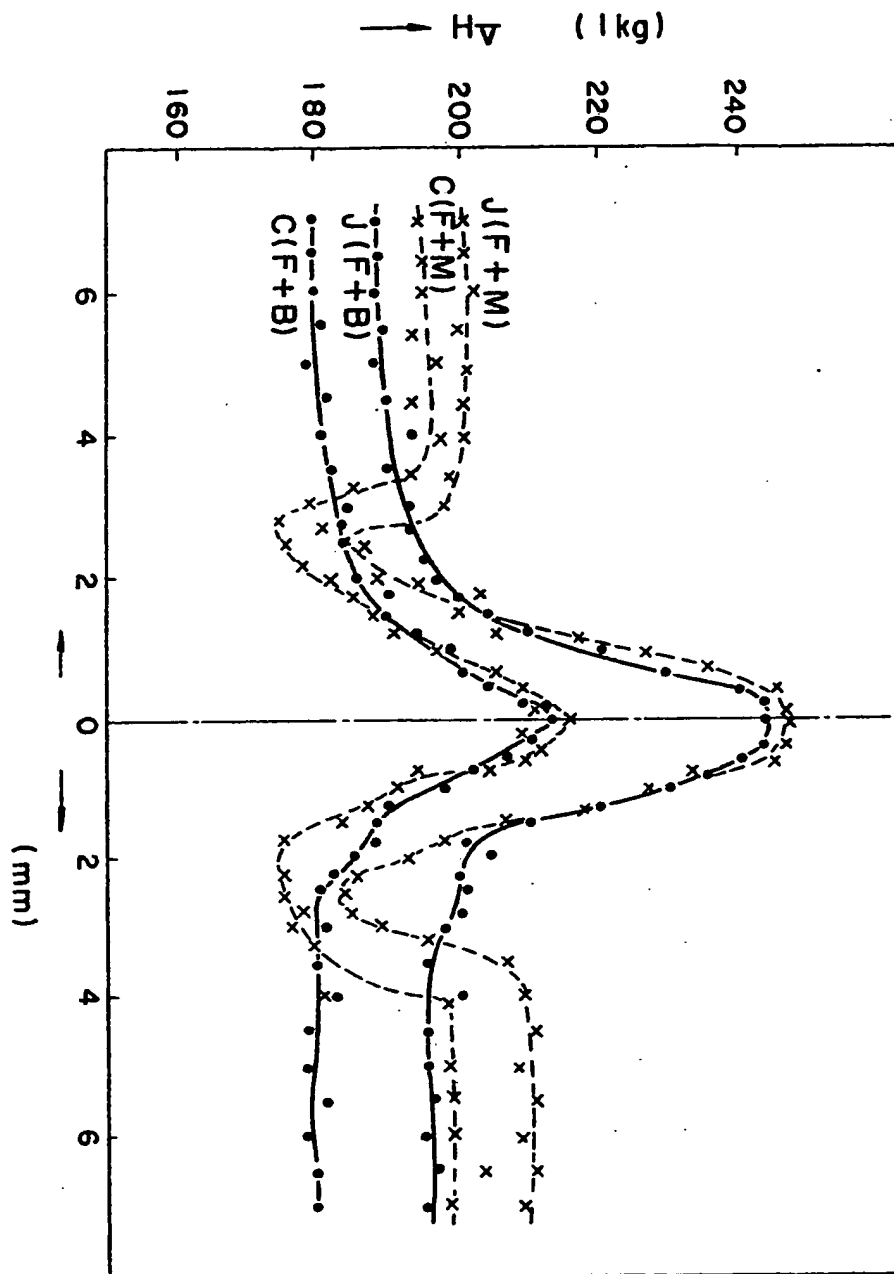


FIGURE 3

2488285

(a)

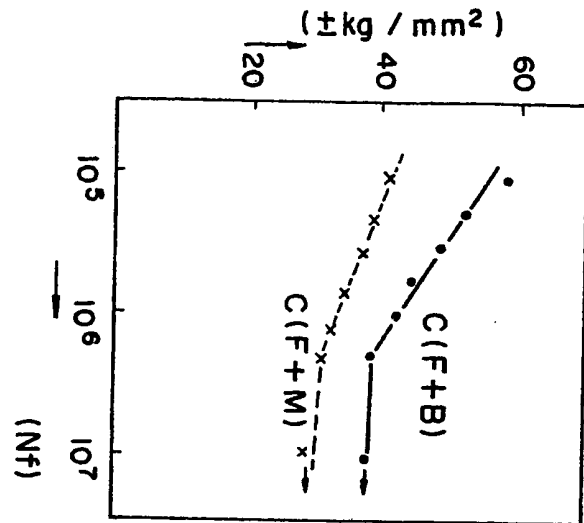


FIGURE 4

(b)

